

CAPITULO 71

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CAL HIDRATADA O VIVA PARA BASES Y SUBBASES PARA PAVIMENTOS

1. DESCRIPCIÓN

Este trabajo consistirá en la construcción de una o más capas compactadas de suelo natural estabilizado con cal hidratada o cal viva que cumpla con la norma ASTM C977, colocadas sobre una subrasante, preparada y terminada de acuerdo con estas especificaciones, y de conformidad con las líneas, rasantes, espesores y secciones transversales típicas mostradas en los planos. El material que se colocará, será indicado en la sección típica del pavimento y en el Formulario de propuesta bajo el detalle base de suelos estabilizados con cal hidratada o cal viva o subbase de suelos estabilizados con cal hidratada o cal viva.

2. MATERIALES

2.1. Cal

Para efectos de estas especificaciones al referirnos al termino **cal** estaremos hablando de la cal viva (óxido de calcio) o de cal hidratada (hidróxido de calcio), las cuales son formas de piedra caliza calcinadas (carbonato de calcio).

El tipo de cal a ser empleada deberá cumplir con los parámetros que se indican en este documento y con la norma ASTM C977 de la American Society for Testing and Material.

La estabilización con cal sólo abarca los productos de cal calcinada, no la piedra caliza pulverizada.

Hay dos tipos fundamentales de cal: de alto contenido de calcio, y dolomítica (alto en magnesio).

El muestreo e inspección de la cal se realizará de acuerdo a la norma ASTM C50.

2.1.1. Requerimiento Químicos

Para la determinación de la concentración de cal estarán permitidos dos requisitos alternativos basados en diferentes pruebas (ASTM C25 ó AASHTO T219):

a. Óxidos Totales

Contenido total de Óxido (Ca O + MgO) sobre base no volátil	Mínimo 90%
Dióxido de Carbono	Máximo 5% en planta
	Máximo 7% en campo

b. Cal Aprovechable (ASTM C25 o AASHTO T219)

Contenido de Cal (CaO)	Mínimo 90% sobre una base no volátil.
	Mínimo 68.1% sobre una base volátil.

2.1.2. Requerimientos Físicos (ASTM C110).

2.1.2.1. Cal Hidratada

% Retenido en el Tamiz No.30 (590 μ m)	Máximo 3%
% Retenido en el Tamiz No.200 (74 μ m)	Máximo 25%

2.1.2.2. Cal Viva

% Que Pasa el Tamiz 1 plg (24.4 mm)	100%
Slaking Rate	Mínimo Cal de Reactivación-Media (ASTM C110)
Residuo de Cal Viva	Máximo 10%

La mezcla suelo-cal deberá ser homogénea y no deberán existir fragmento de cal viva ante una inspección visual de la mezcla.

2.2. Suelos

Los materiales a estabilizar para las bases y subbases serán suelos con o sin agregado grueso libres de materia vegetal y otras substancias objetables.

2.2.1. Suelos Arcillosos

% Que Pasa el Tamiz de 3 plg (75 mm)	100%
% Que Pasa el Tamiz No.200 (75 μ m)	Mínimo 15%
Índice de Plasticidad	Mínimo 10%
Libre de Materias Orgánicas	

2.2.2. Suelos no Arcillosos

De ser necesario el empleo de suelos no arcillosos para estabilizar con cal se deberá incorporar aditivos, adicionalmente a la cal, tales como Fly Ash (desecho de las plantas de calcinación de carbón), cenizas volcánicas o arcilla fina para cumplir requerimientos de subclausula 2.2.1.

3. MEZCLA SUELO-CAL.

El material estabilizado con cal para bases o subbases, colocado en la carretera deberá satisfacer las siguientes exigencias:

% Que Pasa el Tamiz de 1 plg (25.4 mm)	100%
% Que Pasa el Tamiz de No.4 (4.75 mm)	Mínimo 60%
PH	Mínimo 12.4
Resistencia compresión confinada (AASHTO T220)	Mínimo 15 kg/cm ²

La humedad de la mezcla tendrá una tolerancia máxima de 5% por encima de la humedad óptima .

La mezcla debe presentarse homogénea en todo el cuerpo del suelo estabilizado, según el tipo de material a procesar (suelos clasificados SUCS o AASHTO o suelos clasificados mezclados con material selecto).

El diseño de mezcla suelo cal debe ser sometido y sustentado por el **Contratista** para aprobación del MOP previo a su utilización, mediante un laboratorio de reconocida experiencia.

El **Ingeniero Residente** hará suficientes pruebas o ensayos con apoyo del laboratorio, de los materiales estabilizados con cal para la base o subbase, durante su procesamiento con especímenes moldeados para un próctor modificado (AASHTO T180), curado a los siete

días de edad y ensayado para una resistencia a la compresión confinada (AASHTO T220) que debe obtener un mínimo de 15 kg/cm² a fin de mantener un adecuado control de los materiales y de las operaciones de construcción.

El contratista deberá reemplazar o corregir, a sus expensas, todo material de base o subbase estabilizado con cal que no cumpla con los requisitos estipulados.

4. ANÁLISIS DEL SUELO NATURAL

Para determinar el óptimo de dosificación de la cal por volumen agregada a la masa natural del suelo para su estabilización, el **Contratista** a través de un laboratorio de reconocida experiencia procederá a ejecutar sondeos de línea a una profundidad de 1.50 m, para definir según clasificación SUCS o AASHTO el tipo de material existente.

Al suelo natural se le determinará su gradación así como el Límite Líquido, Límite Plástico, e Índice de Plasticidad (AASHTO T89 y T90) a fin de clasificarlo, igualmente su Densidad máxima y Humedad Óptima (AASHTO T180), su capacidad de soporte a la densidad máxima y humedad óptima (CBR) y finalmente el pH.

Deberá indicarse la dosificación de cal por peso y volumen para obtener un pH mínimo de 12.4, la capacidad de soporte (CBR) a la densidad máxima y humedad óptima (proctor modificado) del material con cal y la resistencia a la compresión confinada (AASHTO T220) para especímenes moldeados para un próctor modificado (AASHTO T180) a los siete días de edad de 15 kg/cm² mínimo.

La mezcla estabilizada al satisfacer estas especificaciones se le ejecutarán nuevamente los ensayos de Límites de Atterberg para verificar el mejoramiento de estas propiedades como indicio.

5. CONSTRUCCION

El **Contratista** estabilizará el material con cal en cantidades suficientes para construir una base o subbase compactada del espesor y del ancho que indiquen los planos, mas los sobreanchos de las curvas.

El **Ingeniero Residente**, conjuntamente con el Laboratorio, podrá variar el espesor de la base o subbase de acuerdo con la naturaleza de la capa subyacente.

Cuando las condiciones locales así lo requieran, el **Ingeniero Residente** podrá ordenar cambios en el ancho de distintas secciones de carretera.

*El **Ingeniero Residente** indicará las estaciones entre las cuales se encuentran secciones satisfactorias del suelo estabilizado con cal hidratada y comunicará su aceptación al contratista de acuerdo a los resultados satisfactorios de ensayos de laboratorio y de los controles de calidad constructivos verificados por el **Ingeniero Residente**.*

*No se pagarán los tramos de bases o subbases estabilizadas con cal hidratada en secciones no aprobadas por el **Ingeniero Residente**.*

*Si alguna sección de la base o subbase, después de haber sido aceptada, resultara inadecuada para recibir sobre ellas la capa siguiente del pavimento (Base o capa de rodadura final según el caso), el **Ingeniero Residente** podrá rechazarla total o parcialmente.*

*El **Contratista** será notificado a fin de que la ponga nuevamente en condiciones satisfactorias, sin costo adicional a la nación.*

5.1. Escarificación

*Se procederá a escarificar con motoniveladora el material a estabilizar cuando así lo ordene el **Ingeniero Residente**.*

Después que el material haya sido esparcido, se escarificará, varias veces hasta que todo el material presente una gradación aceptable.

El escarificador deberá ser un modelo de dientes fijos, completos del diámetro y largos suficientes para efectuar una escarificación total y uniforme.

5.2. Colocación, Esparcimiento, Mezclado, Hidratación y Compactación.

Determinada la dosificación por volumen de la cal hidratada que debe añadirse al suelo natural, para su estabilización, se procederá a determinar el espaciado de los sacos del producto en líneas paralelas a lo largo de la calzada previamente escarificada, definiendo así el área en metros cuadrados, que debe cubrir cada saco.

El Laboratorio ejecutará una prueba de humedad higroscópica del material.

Una vez colocados los sacos del producto estabilizador, se procederá a romper la envoltura de los mismos y a vertir manualmente el contenido.

Los sacos vacíos serán apilados en un sitio específico para ser retirados al vertedero o quemados en el área del proyecto.

Se procede con el mezclado con equipo apropiado para dicho trabajo, tales como mezcladoras semiromas agrícolas, moto mezcladoras y aditamentos hidráulicos para mezclado de materiales.

Luego se procede a dar un baño con agua, conociendo la humedad higroscópica del material, en forma tal que no exceda hasta un 5% la humedad óptima.

La aplicación del agua necesaria para la base o subbase estabilizada con cal hidratada, se harán con lo dispuesto en el capítulo 10 (Suministro, Transporte y Aplicación de Agua).

Una vez humedecido el material se procede a conformar con motoniveladora.

El material suelto se esparcirá con un espesor tal que al ser compactado no resulte en capas mayores a 15 cms.

Cada capa deberá ser adecuadamente compactada, antes de colocar sobre ella la siguiente.

El esparcimiento y compactación del material estabilizado, comenzará por el lugar que indique el residente.

El material será colocado y esparcido sin segregación y deberá ser compactado a una densidad no menor que el ciento por ciento (100%) de la densidad máxima, con una humedad de hasta dos por ciento (2%) menor que el porcentaje de humedad óptima, determinada por el ensayo AASHTO T-99.

*El **Ingeniero Residente** ordenará pruebas de densidad del material estabilizado con cal hidratada compactado, de acuerdo con el procedimiento AASHTO T191 o mediante el uso de aparatos de pruebas nucleares, debidamente calibrados.*

Cada prueba deberá abarcar un área representativa, no mayor de 1,250 m² con el espesor de diseño para la base.

Para colocar el material estabilizador, también se podrá utilizar equipo de riego a granel o lechadas, siempre y cuando se verifique que la dosificación utilizada para estabilizar el suelo natural, cumple con los requerimientos especificados en el Acápito 2 y 3 de estas especificaciones.

En caso de que la base o subbase se componga de varias capas, el procedimiento de mezclado, esparcido y compactación anteriormente descrito, se aplicará por igual a cada una de ellas.

*En los lugares inaccesibles al equipo de compactación, el material de base o subbase deberá ser compactado totalmente por medio de apisonadores mecánicos en la forma indicada por el **Ingeniero Residente**.*

6. VERIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE

Después de compactada la base, a la densidad exigida, la superficie terminada deberá verificarse, en lo que respecta a alineamiento y pendiente transversal o corona de la carretera, de acuerdo con la sección transversal típica mostrada en los planos.

La superficie una vez terminada, no deberán tener variaciones mayores de un centímetro (1) en cada tres (3) metros, medidos perpendicular y paralelamente a la línea central de la carretera.

Cualquier sección de la superficie de la base que no cumpla con los requisitos arriba indicados, deberá ser escarificada, conformada y compactada nuevamente, por el contratista y a sus expensas, hasta obtener la forma y exactitud requeridas.

7. VERIFICACIÓN DE ESPESORES

El espesor de la base o subbase estabilizada con cal hidratada terminada no deberá tener una diferencia mayor de un (1) centímetro con respecto al espesor indicado en los planos.

El espesor de la base o subbase se verificará por medio de sondeos o perforaciones de ensayo realizados durante el proceso constructivo.

Después que la base ha sido compactada a la densidad exigida, el espesor deberá medirse en uno o más puntos, tomados al azar, cada doscientos cincuenta (250) metros cuadrado o su equivalente en metro lineal, según el ancho de la base, en forma tal que se evite un patrón de distribución regular de los mismos.

Cuando un sondeo señale una variación de espesor mostrado en los planos, mayor que la permisible, se harán sondeos adicionales hasta que los sondeos indiquen que el espesor se encuentra dentro de la tolerancia permisible.

Cualquier área cuyos espesores no estén dentro de la tolerancia permisible deberá ser corregida por el contratista, a sus expensas, removiendo o agregando material según sea necesario, conformando y compactando dicha área en la forma indicada en estas especificaciones.

*La perforación de los sondeos y de su relleno con material compactado apropiadamente, deberá hacerlos, en todos los casos, el Contratista bajo la supervisión del **Ingeniero Residente**.*

No se pagara por material en exceso de la cantidad requerida según los planos o en exceso de la ordenada por el Ingeniero Residente.

8. MEDIDA

La cantidad de base o subbase por la cual se pagara, será el número de metros cúbicos de base o subbase, incluyendo recebo, construida, terminada y aceptada, de acuerdo con los planos y especificaciones, independientemente de la cantidad de material suelto utilizado.

*El volumen se deberá pagar se calculara dé acuerdo con las pruebas de espesor o sondeo ordenada por el **Ingeniero Residente**, a razón de una o más por cada cien (100) metros lineales de base aceptada, determinado por el método de promedio de áreas externas.*

Cuando los sondeos demuestren que la base o subbase tiene un espesor menor que el exigido, el área de la sección transversal típica será multiplicada por la relación entre el espesor real y el exigido (espesor real /espesor exigido).

El área así reducida, como resultado de este ajuste, será la utilizada para el calculo del volumen por el método de promedio de áreas externas.

*No se consideraran, para los efecto de pago, las cantidades de material de base o subbase colocada en exceso de las indicadas en al sección transversal típica de los planos, con excepción de las ordenadas por el **Ingeniero Residente**.*

9. PAGO

La cantidad que se pagara por base o subbase estabilizada con cal hidratada, será la cifra que resulte de multiplicar el volumen de capa base, terminada y aceptada, determinado como se indica en el Artículo anterior, por el precio unitario fijado en el contrato.

Este precio y pago constituirá compensación total por la limpieza inicial y final de las fuentes de origen de los materiales, acondicionamiento o preparación aprobados de la superficie sobre la cual se construirá la base o subbase estabilizada con cal hidratada; diseño de la mezcla; suministro de todos los materiales (incluyendo la cal), acarreo, colocación, mezclado, escarificación, humedecimiento, compactación, curado y por todo equipo, mano de obra, herramientas, incidencias o imprevistos que se requieran o surjan en relación con la construcción de la base o subbase, de acuerdo con los requisitos especificados.

El pago se hará bajo el siguiente detalle únicamente:

- a) *Base o Subbase Estabilizada con Cal Hidratada o Cal Viva..... por METRO CÚBICO (M³).*

